



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Patent Application of Manfred Rauer and Helmut Hans

Serial No.: 10/671,945

Art Unit: 2834

Filed: September 29, 2003

Examiner: Unassigned

Title: METHOD FOR ADJUSTING A SENSOR DEVICE FOR DETERMINING THE
ROTATIONAL POSITION OF AN ELECTRONICALLY-COMMUTATED MOTOR
ROTOR

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 2313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119 and 37 C.F.R. 1.55(b), applicant
hereby claims the benefit of priority of corresponding Germany Priority Document No. 102 53
388.1. Priority is claimed in the Declaration.

Attached is the German priority document for the subject application. Acknowledgement
of receipt of this document is solicited.

Respectfully submitted,

Mark C. Comtois
Attorney for Applicant

Reg. No. 46,285

DUANE MORRIS LLP
1667 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20006
Telephone: (202) 776-7801
Telecopier: (202) 776-7801

Dated: February 4, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 53 388.1

Anmeldetag: 15. November 2002

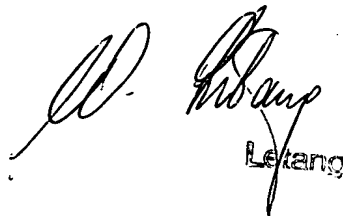
Anmelder/Inhaber: Minebea Co., Ltd. a Japanese Corp.,
Tokio/Tokyo/JP

Bezeichnung: Verfahren zum Justieren einer Sensorvor-
richtung zur Bestimmung der Drehlage eines
Rotors eines elektronisch kommutierten
Motors

IPC: G 01 B, H 02 K, G 01 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 04. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Letang

BOEHMERT & BOEHMERT

ANWALTSSOZietät

Boehmert & Boehmert · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1973)
DIPL.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA*, Bremen
DIPL.-PHYS. DR. HEINZ GÖDDAR, PA*, München
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA*, München
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIPL.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1913-1992)
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA*, Bremen
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München
DIPL.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA*, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELLER, RA, Bremen
DIPL.-ING. EVA LIESEGANG, PA*, München
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin
DIPL.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRULS, PA*, Frankfurt
DIPL.-PHYS. DR. STEFAN SCHÖPE, PA*, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA*, Bielefeld
DR. MARTIN WIRTZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIPL.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA*, München

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam
DIPL.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA*, Hohenkirchen
DR.-ING. GERALD KLOPSCH, PA*, Düsseldorf
DIPL.-ING. HANS W. GROENING, PA*, München
DIPL.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA*, Bielefeld
DIPL.-PHYS. LORENZ HANEWITZKE, PA*, Paderborn
DIPL.-ING. ANTON FREIHERR REEDERER V. PAAR, PA*, Landshut
DIPL.-ING. DR. JAN TONNIES, PA, RA, Kiel
DIPL.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA*, Kiel
DIPL.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA*, Bremen
DIPL.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA*, Berlin
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA, Paderborn
DIPL.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA, Berlin
DR. KLAUS TIM BRÖCKER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam
DIPL.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA*, München, Paris
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA*, München
DIPL.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München
DIPL.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA*, Frankfurt
DIPL.-ING. DR. STEFAN TARUTTIS, PA, Düsseldorf
PASCAL DECKER, RA, Berlin
DIPL.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with
DIPL.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA*, München

PA - Patentanwalt/Patent Attorney
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law
* - European Patent Attorney
D - Maître en Droit
e - Licencié en Droit
o - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen
Your ref.

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30195(L)

15.11.2002

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation
18F Arco Tower
1-8-1 Shimo-Meguro
Meguro-ku
Tokyo 153 0064
Japan

Verfahren zum Justieren einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors
eines elektronisch kommutierten Motors

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Justieren einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors eines elektronisch kommutierten Motors.

Die Erfindung wird bevorzugt auf dem Gebiet der bürstenlosen, elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren eingesetzt. Sie ist jedoch auch auf andere Elektromotoren anwendbar.

Solche Motoren können in unterschiedlichen Bereichen zur Anwendung kommen, bei-

- 21.357 -

Pettenkoferstraße 20-22 · D-80336 München · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München · Telefon +49-89-559680 · Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN · BREMEN · BERLIN · DÜSSELDORF · FRANKFURT · BIELEFELD · POTSDAM · KIEL · PADERBORN · LANDSHUT · HOHENKIRCHEN · ALICANTE · PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: postmaster@boehmert.de

spielsweise in der Automobiltechnik für Antriebe zur Unterstützung der Lenkung des Bremssystems oder für Pumpen und Gebläse. Andere Bereiche sind z.B. Lüftergebläse in Netzteilen, oder Spindelmotoren in Plattenlaufwerken für Datenverarbeitungsanlagen, um nur einige wenige Beispiele zu nennen.

5 Ein elektronisch kommutierter, bürstenloser Gleichstrommotor umfasst grundsätzlich eine Welle, eine Rotorbaugruppe, die einen oder mehrere auf der Welle angeordneten Permanentmagnete aufweist, und eine Staturbaugruppe, die einen Staturkörper und Phasenwicklungen umfasst. Zwei Lager sind in axialem Abstand an der Welle angeordnet, um die Rotorbaugruppe und die Staturbaugruppe relativ zueinander zu lagern.

10 Fig. 1 zeigt ein schematisches Schaltbild einer Ansteuerelektronik für einen dreiphasigen Gleichstrommotor. Der Gleichstrommotor umfasst drei Phasenwicklungen U, 12; V, 14; W, 16, die in Fig. 1 schematisch in Sternschaltung 10 dargestellt sind. Die drei Wicklungen 12, 14, 16 sind zwischen einer positiven Versorgungsschiene 18 und einer negativen Versorgungsschiene 20 angeschlossen. Die positive Versorgungsschiene 18 führt das Potential $+U_{BAT}$, und die negative Versorgungsschiene 20 führt das Potential $-U_{BAT}$. Die Phasenwicklungen 12, 14, 16 werden über
15 sechs Leistungs-Schaltbauteile T1, 22; T2, 24; T3, 26; T4, 28; T5, 30; T6, 32 nach Maßgabe von Steuersignalen mit den Versorgungsschienen 18, 20 verbunden. Die Leistungs-Schaltbauteile 22 bis 32 sind vorzugsweise Leistungstransistoren. Sie weisen Steueranschlüsse auf, die in Fig. 1 mit G1 bis G6 bezeichnet sind. Die Steueranschlüsse entsprechen insbesondere den Gates der Leistungstransistoren. Durch Anlegen geeigneter Steuersignale an die Gates der Leistungstransistoren werden die Phasenwicklungen 12 bis 16 des Gleichstrommotors bestromt, um dessen Betrieb zu steuern. Verfahren zum Steuern eines bürstenlosen elektronisch kommutierten Gleichstrommotors sind beispielsweise beschrieben in DE 10033561 A1 und U.S. 6,400,109 B1, auf die Bezug genommen wird.

20
25 Bei Gleichstrommotoren, insbesondere dreiphasige Gleichstrommotoren wie sie in industriellen Anwendungen und in der Automobiltechnik zum Einsatz kommen, unterscheidet man zwischen einer „blockförmigen“ und einer „sinusförmigen“ Bestromung der Phasen des Motors. „Blockförmige“ Bestromung bedeutet, dass der Strom, der an die Phasenwicklungen angelegt wird, einen rechteckförmigen Verlauf hat. Der Strom wird zu einem Zeitpunkt auf einen gegebenen Wert
30 eingeschaltet und zu einem anderen Zeitpunkt wieder abgeschalt. Solche Motoren haben übli-

cherweise eine trapezförmige induzierte Spannung Fig. 2A zeigt schematisch die induzierten Spannungen eines „blockförmig“ bestromten oder "blockkommutierten" Motors. Im Betrieb sollte die Umschaltung der Phasenströme dann erfolgen, wenn sich jeweils zwei induzierte Spannungen schneiden, um eine minimale Drehmomentwelligkeit zu erzeugen. Hierzu wird eine Information über die jeweilige Rotorlage benötigt, um die Phasenströme zum richtigen Zeitpunkt umzuschalten.

Soll der Strom nicht nur ein- und ausgeschaltet werden, sondern auch abhängig von der Rotorlage gesteuert werden, so ist eine detaillierte Information über die Rotorlage notwendig. Eine Steuerung des Stromes $i(\varphi)$ ist sinnvoll, weil durch die geeignete Einstellung von $i(\varphi)$ die Ausbildung des Drehmomentes beeinflusst werden kann:

$$T(\varphi) = K_T(\varphi) \cdot i(\varphi)$$

Beispielsweise auf der Grundlage der folgenden Gleichungen:

$$\sin^2(\varphi) + \sin^2(\varphi - \frac{\pi}{2}) = 1 \quad \text{oder}$$

$$\sin^2(\varphi) + \sin^2(\varphi - \frac{2\pi}{3}) + \sin^2(\varphi - \frac{4\pi}{3}) = 1$$

kann ein konstantes Drehmoment erreicht werden, wenn die induzierte Spannung $U_{\text{ind}}(\varphi)$ und somit $K_E(\varphi)$ bzw. $K_T(\varphi)$ und der Strom $i(\varphi)$ einen sinusförmigen Verlauf haben und Spannung und Strom in Phase liegen und die einzelnen Phasen des Motors z.B. bei einem zweiphasigen Motor um 90° elektrisch und bei einem dreiphasigen Motor um 120° elektrisch gegeneinander versetzt sind.

Fig. 2B zeigt die induzierten Spannungen eines dreiphasigen Motors. Die Bestromung der Phasen des Gleichstrommotors sollte wie in Fig. 2C zeigt erfolgen. Sie setzt sich während eines elektrischen Zyklus aus sechs Abschnitten zusammen.

Um einen von der Rotorposition und somit der induzierten Spannung abhängigen sinusförmigen Strom zu erzeugen, muss die genaue Lage des Rotors bekannt sein. Im Stand der Technik werden zur Erfassung der Rotorlage z.B. Encoder oder Resolver eingesetzt. Dies sind Rotorlagegeber, welche mit einer bestimmten Auflösung N_{INC} arbeiten und die Winkellage des Rotors mit einer

Winkelauflösung:

$$\varphi_{INC} = \frac{360^\circ}{N_{INC}}$$

angeben können. Abhängig von der Auflösung des Rotorlagegebers kann der Strom $i(\varphi)$ zur Bestromung der Motorphasen in entsprechend vielen Schritten gesteuert werden.

5 Ein Resolver ist grundsätzlich ähnlich wie ein Transformator mit einer Primärwicklung und zwei Sekundärwicklungen aufgebaut. Das Wicklungsverhältnis und die Polarität zwischen Primär- und Sekundärwicklung variiert abhängig von der Winkellage der Welle. Der Resolver weist wenigstens zwei im Winkel von 90° zueinander ausgerichtete Sekundärwicklungen auf, die stationär montiert sind (Stator). Die Primärwicklung ist an der Welle des Resolvers angeordnet und wird als Rotor bezeichnet. Wenn eine Wechselspannung mit einer konstanten Frequenz in der Primärwicklung induziert wird, haben die Ausgangssignale des Stators dieselbe Frequenz, sind jedoch um 90° versetzt. Man erhält somit ein Sinussignal und ein Kosinussignal. Die Spitzen-
10 spannung des Resolvers variiert mit der Drehung der Welle.

Das Ausgangssignal der Spulen wird über einen Analog-Digital- Wandler umgesetzt, wobei die
15 zwei höchstwertigen Bits des Wandlerausgangssignals angeben, in welchem Viertelkreis die Welle steht, und die verbleibenden Bits den Winkel der Welle jeweils zum Anfang eines Viertelkreises angeben. Das Ausgangssignal des Analog-Digital- Wandlers wird in jedem Fall eine binäre Zahl sein.

Encoder, die auch als Inkrementalencoder bezeichnet werden, erzeugen zwei Ausgangssignale unter Verwendung beispielsweise einer Glasscheibe, in die gleichmäßige Unterteilungen geätzt sind. Auf einer Seite der Scheibe ist eine Lichtquelle angeordnet, auf der anderen Seite zwei Lichtdetektoren. Die Scheibe wird an der Welle montiert, und die Lichtquelle und die Detektoren sind stationär angeordnet. Wenn die Scheibe sich dreht, zeichnen die Detektoren eine Unterbrechung des Lichtstrahls durch die Lichtscheibe auf. Durch Zählen der Übergänge von hell zu dunkel kann eine relative Drehung der Welle bestimmt werden. Zwei Detektoren werden verwendet, wenn auch die Drehrichtung erfasst werden soll. Encoder der beschriebenen Art können nur eine inkrementelle Wellendrehung erfassen. Die absolute Wellenposition wird durch einen dritten Sensor mit Hilfe eines sogenannten Null-Indexes oder einer Null-Referenzspur erfasst.
20
25

Der Rotorlagegeber liefert die Information, welche für die Steuerung des Stroms notwendig ist. Dabei entsteht das Problem, dass die Winkelposition des Rotorlagegebers zu dem Rotor bei der Montage zunächst nicht bekannt ist. Im Stand der Technik ist daher eine mechanische Justierung des Rotorlagegebers relativ zu dem Rotor vorgesehen, damit der Null-Index des Rotorlagegebers mit einer bestimmten, bekannten Winkellage des Rotors zusammenfällt. Insbesondere sollte der Null-Index relativ zu einer bestimmten, bekannten Kommutierungsposition eingestellt werden. Diese mechanische Justierung ist relativ zeitaufwendig und fehlerträchtig.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Justieren einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors eines elektronisch kommutierten Gleichstrommotors anzugeben, das einfach und wenig fehlerträchtig ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Die Erfindung sieht auch ein System zur Justierung einer Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 12 vor.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Sensorvorrichtung in einer bestimmten Lage relativ zu dem Rotor montiert, und die Inkremente, welche die Sensorvorrichtung während einer Umdrehung des Rotors erzeugt, werden erfasst. Ferner wird die Winkellage des Rotors während der Umdrehung des Rotors erfasst, wobei diese Winkellage in absoluten Werten oder in bezug auf einen oder mehrere Kommutierungswinkel bestimmt werden kann. Anschließend wird die erfasste Winkellage mit den Inkrementen der Sensorvorrichtung korreliert, und die Korrelation von Winkellage und Inkrementen der Sensorvorrichtung wird gespeichert. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Sensorvorrichtung bei der Montage des Motors somit nicht mechanisch ausgerichtet, sondern die Lage des Null-Index der Sensorvorrichtung relativ zu den jeweiligen Kommutierungspositionen wird messtechnisch in Inkrementen erfasst. Die Inkremente der verschiedenen Positionen können dann in einem nicht flüchtigen Speicher der Positionslagegeberelektronik gespeichert werden.

Die Erfindung hat nicht nur den Vorteil, dass sie eine mechanische Justierung der Sensorvorrichtung überflüssig macht, für unterschiedliche Polteilung verschiedener Motoren können auch die Inkremente für jeden Phasenübergang gesondert bestimmt und gespeichert werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sollte wenigstens jedem Kommutierungswinkel ein entsprechendes Inkrement der Sensorvorrichtung, ausgehend von dem Null-Index, zugeordnet werden. Vorzugsweise wird jedem Inkrement der Sensorvorrichtung eine bestimmte Winkellage des

Sensors zugeordnet.

5 In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Anzahl der Inkremente der Sensorvorrichtung jeweils vom Null-Index bis zu dem Kommutierungswinkel gezählt und gespeichert. Ein- und dieselbe Sensorvorrichtung kann dadurch für unterschiedliche Motoren mit unterschiedlichen Polzahlverhältnissen, und somit unterschiedlichen Kommutierungswinkeln, eingestellt werden, ohne dass die Sensorvorrichtung an sich verändert werden muss. Sofern ein Kommutierungswinkel oder eine andere gesuchte Winkellage des Rotors zwischen zwei Inkrementen der Sensorvorrichtung liegt, kann die gesuchte Winkellage durch Interpolieren noch genauer ermittelt werden.

10 Für die Justierung der Sensorvorrichtung wird der zu justierende Motor extern angetrieben, und die induzierten Spannungen werden erfasst, um die absolute Lage der Rotorwelle sowie die notwendigen Kommutierungswinkel zu ermitteln. Zum Erfassen kann beispielsweise die Back-EMF (EMF = elektromotorische Kraft) gemessen werden. Bei der bevorzugten Ausführungsform wird ferner zu jedem Zeitpunkt, zu dem ein gesuchter Kommutierungswinkel gefunden wird, ein
15 Meldesignal erzeugt, um die erfasste Winkellage als Kommutierungsposition zu kennzeichnen und die aktuelle absolute Position der Sensorvorrichtung, d.h. die aktuelle Inkrementzahl, zu speichern. Wie erwähnt, können abhängig von dem Polzahlverhältnis des Motors unterschiedliche Kommutierungswinkel abgeleitet werden.

20 Die Erfindung sieht auch einen elektronisch kommutierten Motor mit einem Rotor und einem Stator und mit einer Sensorvorrichtung zur Erfassung der Drehlage des Rotors vor, wobei die Sensorvorrichtung in einer bestimmten Lage relativ zu dem Rotor montiert ist, und mit einer Speichervorrichtung zur Speicherung einer Korrelation von Winkellage des Rotors und Inkrementen der Sensorvorrichtung sowie mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Motors abhängig von Ausgangssignalen der Sensorvorrichtung und der gespeicherten Korrelation.

25 Schließlich sieht die Erfindung auch ein System zur Justierung einer Sensorvorrichtung gemäß den Ansprüchen 12 bis 14 vor.

Die Erfindung ist im folgenden anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 ein Schaltbild einer Ansteuerelektronik für einen dreiphasigen Gleichstrommotor;
- Fig. 2A den Verlauf der induzierten Spannungen eines blockförmig bestromten dreiphasigen Gleichstrommotors;
- Fig. 2B den Verlauf der induzierten Spannungen eines sinusförmig bestromten dreiphasigen Gleichstrommotors;
- Fig. 2C die Bestromung eines dreiphasigen Gleichstrommotors während eines elektrischen Zyklus;
- Fig. 3 die Bestromung eines dreiphasigen Gleichstrommotors während eines halben elektrischen Zyklus und die korrespondierenden Signale des Rotorlagegebers gemäß der Erfindung;
- Fig. 4 ein Blockdiagramm eines Systems zur Justierung der Sensorvorrichtung gemäß der Erfindung.

Fig. 1, die bereits beschrieben wurde, zeigt ein schematisches Schaltbild einer Ansteuerelektronik für einen dreiphasigen Gleichstrommotor. Zur Bestromung der drei Phasen U 12, V 14, und W 16, des Gleichstrommotors werden die Transistoren T1 bis T6, 22 bis 32, über ihre Gates G1 bis G6 angesteuert. Die Steuerzeitpunkte werden bestimmt durch die Ausgangssignale der Sensorvorrichtung, die erfindungsgemäß eingestellt ist.

Fig. 2B zeigt die induzierten Spannungen eines dreiphasigen Gleichstrommotors mit sinusförmiger Bestromung oder Kommutierung, wobei die induzierten Spannungen der drei Phasen mit u, v bzw. w bezeichnet sind. In Fig. 2B ist ein elektrischer Zyklus von 360° der Bestromungsphase dargestellt.

Fig. 2C zeigt die Bestromung des dreiphasigen Gleichstrommotors, die sich während eines elektrischen Zyklus aus sechs Abschnitten zusammensetzt, welche mit u, v, w, -u, -v und -w bezeichnet sind. Die dargestellten Kurven u, v, w, -u, -v, -w entsprechen den Strömen, welche über die Transistoren T1 bis T6, 22 bis 32, in Fig. 1 auf die Wicklungen U, 12, V, 14, und W, 16, aufgeschaltet werden.

Erfindungsgemäß ist zur Justierung der Sensorvorrichtung, oder des Rotorlagegebers, vorgesehen, die Inkremente, welche die Sensorvorrichtung während einer Umdrehung des Rotors er-

zeugt, zu erfassen, gleichzeitig die Winkellage des Rotors während der Umdrehung zu erfassen und die erfasste Winkellage mit den Inkrementen der Sensorvorrichtung zu korrelieren und diese Korrelation von Winkellage und Inkrementen der Sensorvorrichtung zu speichern. Insbesondere soll die Anzahl der Inkremente der Sensorvorrichtung, die zwischen einem Null-Index und jeweils einem Kommutierungswinkel liegen, erfasst und gespeichert werden.

Fig. 3 zeigt eine ähnliche Darstellung wie Fig. 2C, wobei in Fig. 3 der Verlauf der Ströme nur über eine halbe Periode oder Umdrehung des Gleichstrommotors, d.h. über 180° elektrisch, dargestellt ist. Die Ströme sind entsprechend der Darstellung der Fig. 2C mit u, v, w, -u, -v und -w bezeichnet. Gesuchte Kommutierungswinkel sind in dieser Figur an drei Stellen beispielhaft durch Pfeile gekennzeichnet.

Ferner ist in Fig. 3 ein Ausgangssignal eines Rotorlagegebers schematisch dargestellt und mit bezeichnet. Die in Fig. 3 gezeigte Auflösung des Rotorlagegebers beträgt lediglich 24 Inkremente pro elektrischer Zyklus, wobei der Fachmann verstehen wird, dass diese Auflösung lediglich als ein Beispiel dient und in der Praxis wesentlich höhere Auflösungen der Sensorvorrichtung gewählt würden. Die Auflösung der Sensorvorrichtung kann beispielsweise zwischen 512 und 32768 Inkrementen betragen. Bei dem vorliegenden Beispiel ist ferner angenommen, dass der Gleichstrommotor vier Polpaare umfasst.

Die Schaltzeitpunkte sind in Fig. 3 durch Pfeile gekennzeichnet. Sie entsprechen den jeweiligen Kommutierungswinkeln und werden erfindungsgemäß mit dem jeweils zugehörigen Inkrement der Sensorvorrichtung, ausgehend von einem Null-Index, korreliert und gespeichert. Bei der vorliegenden Erfindung muss ein Inkrement des Rotorlagegebers nicht jeweils genau mit einem Schaltzeitpunkt zusammenfallen, weil zum Wiederauffinden der Schaltzeitpunkte erfindungsgemäß zwischen zwei Inkrementen des Rotorlagegebers interpoliert werden kann, falls dies notwendig ist.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm eines Systems zur Justierung einer Sensorvorrichtung gemäß der Erfindung. In Fig. 4 ist ein bürstenloser elektronisch kommutierter Gleichstrommotor schematisch durch einen Kasten 40 dargestellt. Dem Motor 40 ist ein externer Antrieb 42 zugeordnet, der für die Justierung der Sensorvorrichtung verwendet wird. Ein Phasenmeßsystem 44 und ein Positionsrechner 46 sind mit dem Motor 40 verbunden. Dem Positionsrechner 46 ist eine Kontrollstufe 48 zur Überprüfung der Gültigkeit der Messung nachgeschaltet, die ein Ausgangssignal

an eine Meldestufe 50 ausgibt. Die Meldestufe 50 erzeugt einen Meldeimpuls, der die Speicherung der Positionsdaten triggert. An dem Motor 40 ist ein Rotorlagegeber vorgesehen, der ein Referenzsignal erzeugt, das die absolute Winkellage der Rotorwelle in Inkrementen angibt. Dieser Rotorlagegeber kann ein hoch auflösender Referenzsensor oder die Sensorvorrichtung selbst sein. Der Meldeimpuls zur Datenübernahme wird an den Motor 40 übergeben, wobei der Motor 40 die Sensorvorrichtung und einen zugehörigen Speicher umfasst, in dem die aktuelle absolute Winkellage in Inkrementen der Welle als eine Kommutierungsposition gespeichert werden kann.

Erfindungsgemäß wird der Motor 40 über den Antrieb 42 extern angetrieben. Dabei werden in den Phasenwicklungen des Motors Spannungen induziert, wie in den Fig. 2A und 3 gezeigt. Die induzierten Spannungen werden durch Messen der Back-EMF erfasst, um so die absolute Lage der Rotorwelle sowie die jeweiligen Kommutierungswinkel zu ermitteln. Hierzu sind das Phasenmeßsystem 44 und der Positionsrechner 46 vorgesehen. Die Kontrollstufe 48 überprüft, ob die gemessenen Werte für den einzustellenden Gleichstrommotor 40 gültig sind. Und die Meldestufe 50 erzeugt wenigstens bei jedem Kommutierungswinkel ein Signal, das eine Positionsspeicherung auslöst und gibt einen Meldeimpuls zur Datenübernahme an den Motor 40 aus.

Der Motor 40 umfasst die Sensorvorrichtung und einen Speicher und bewirkt bei Empfang des Meldeimpulses, dass die aktuelle absolute Winkellage als Kommutierungsposition gespeichert wird. Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist für das Justieren der Sensorvorrichtung ein zusätzlicher hoch auflösender Lagegeber im Positionslagegeber vorgesehen, der einen bekannten Null-Index hat und hoch aufgelöste Referenz-Inkrementen ausgibt, um die Kommutierungswinkel präzise zu bestimmen. Je nach Polzahl des Motors („blockbestromt“) werden unterschiedlich viele Kommutierungspositionen festgehalten. Dadurch kann sich das System auf unterschiedliche Polzahlverhältnisse automatisch anpassen, ohne dass die Sensorvorrichtung an sich verändert werden muss.

Der exakte Lage des Null-Index wird mit Hilfe der festgestellten Differenz in Inkrementen zu einem Back-EMF-Schnittpunkt rechnerisch ermittelt und im Positionslagegeber gespeichert. Beim Betrieb des Motors wird dann zum korrekten Zeitpunkt das Null-Index-Signal an die Steuerelektronik für den Motor weitergeben werden.

Die im Positionslagegeber im Motor gespeicherte Information kann auch zur Darstellung der absoluten Lageinformation unter Nutzung der Inkrement-Winkelkorrelation herangezogen werden

und über eine digitale Schnittstelle beim Betrieb des Motors an die Steuerelektronik weitergegeben werden. Die Schnittstelle kann seriell oder parallel ausgeführt werden.

Bei Verwendung eines hochauflösenden Lagegebers für die Justierung der Sensorvorrichtung können Kommutierungspositionen bestimmt werden, welche zwischen einzelnen Inkrementen der Sensorvorrichtung liegen. Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist daher zusätzlich eine Interpolationsvorrichtung vorgesehen, welche zwischen einzelnen Inkrementen der Sensorvorrichtung interpoliert, um die Kommutierungsposition noch genauer zu bestimmen.

Das Zählen der Inkremente der Sensorvorrichtung setzt voraus, dass ein Null-Index der Sensorvorrichtung bekannt ist. Dieser kann z.B. mit Hilfe des hoch auflösenden Referenz-Lagegebers bestimmt werden. Bei Verwendung dieses hoch auflösenden Referenzlagegebers können die Inkremente der Sensorvorrichtung bis jeweils zu einer Kommutierungsposition als ganze Zahlen oder Bruchzahlen errechnet werden.

Die Möglichkeit, Daten zu speichern, ermöglicht es dem erfindungsgemäßen Motor auch, zusätzliche Informationen im Motor zu speichern und jederzeit verfügbar zu haben. Hierzu kann eine Schnittstelle zur Erfassung von Grunddaten und Eingabe von Kenndaten und weitere Informationen über den Motor vorgesehen sein, z.B. zur Eingabe einer Produktionsnummer, Produktionsdaten und anderer Motordaten, welche für die Steuerung des Motors nützlich sein können.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und System lässt sich eine Sensorvorrichtung an einem elektronisch kommutierten Gleichstrommotor ohne mechanische Einstellung justieren, wobei die erfindungsgemäße Justierung nach Art eines Lernmodus verläuft. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist eine wesentlich genauere Justierung der Sensorvorrichtung möglich, als durch die mechanische Einstellung gemäß dem Stand der Technik. Während im Stand der Technik bei mechanischer Einstellung der Sensorvorrichtung Abweichungen von $\pm 2^\circ$ von den jeweiligen Kommutierungspositionen üblich waren, liegen die Toleranzen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, abhängig von der Auflösung der Sensorvorrichtung, um ein bis zwei Größenordnungen darunter. Wird beispielsweise ein Encoder mit einer Auflösung von 1024 Bit als Sensorvorrichtung verwendet, so beträgt die Schrittweite eines Inkrements $360^\circ : 1024 = 0,35^\circ$. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit der Einstellung der Sensorvorrichtung innerhalb sehr geringer Toleranzen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merk-

male können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung von Bedeutung sein.

BOEHMERT & BOEHMERT

ANWALTSSOZIELTÄT

Boehmert & Boehmert • P.O.B. 15 03 08 • D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1999-1973)
DIP.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1992)
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA*, Bremen
DIP.-PHYS. DR. HEINZ GODDAR, PA*, München
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA*, München
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante
DIP.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1933-1992)
DR. LUDWIG KOLKER, RA, Bremen
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA*, Bremen
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München
DIP.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA*, Düsseldorf
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen
DIP.-ING. EVA LIESEGANG, PA*, München
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin
DIP.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRULS, PA*, Frankfurt
DIP.-PHYS. DR. STEFAN SCHOHE, PA*, München
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA*, Bielefeld
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München
DIP.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA*, München

PA - Patentanwalt/Patent Attorney
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law
• - European Patent Attorney
• - Maître en Droit
• - Licencié en Droit
• - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam
DIP.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA*, Hohenkirchen
DR.-ING. GERALD KLÖPSCH, PA*, Düsseldorf
DIP.-ING. HANS W. GROENING, PA*, München
DIP.-ING. SIEGFRIED SCHERMER, PA*, Bielefeld
DIP.-PHYS. LORENZ HANWINKEL, PA*, Paderborn
DIP.-ING. ANTON FRIEDRICH RIEDERER V. PAAR, PA*, Landshut
DIP.-PHYS. CHRISTIAN BEHL, PA*, Kiel
DIP.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA*, Bremen
DIP.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA*, Berlin
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA*, Potsdam
DIP.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA, Berlin
DR. KLAUS TIM BRÖCKER, RA, Berlin
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam
DIP.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA*, München, Paris
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA*, München
DIP.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München
DIP.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA*, Frankfurt
DIP.-ING. DR. STEFAN TARUTIS, PA, Düsseldorf
PASCAL DECKER, RA, Berlin
DIP.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with
DIP.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA*, München

Ihr Zeichen
Your ref.

Ihr Schreiben
Your letter of

Unser Zeichen
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30195(L)

15.11.2002

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation
18F Arco Tower
1-8-1 Shimo-Meguro
Meguro-ku
Tokyo 153 0064
Japan

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Justieren einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors eines elektronisch kommutierten Motors, der einen Rotor und einen Stator aufweist, bei dem
die Sensorvorrichtung in einer bestimmten Lage relativ zu dem Rotor montiert wird,
die Inkremente, welche die Sensorvorrichtung während einer Umdrehung des Rotors erzeugt, erfasst werden,
die Winkellage des Rotors während der Umdrehung erfasst wird,
die erfasste Winkellage mit den Inkrementen der Sensorvorrichtung korreliert wird und

- 21.357 -

Pettenkoferstraße 20-22 • D-80336 München • P.O.B. 15 03 08 • D-80043 München • Telefon +49-89-559680 • Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN - BREMEN - BERLIN - DÜSSELDORF - FRANKFURT - BIELEFELD - POTSDAM - KIEL - PADERBORN - LANDSHUT - HOHENKIRCHEN - ALICANTE - PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: postmaster@boehmert.de

die Korrelation von Winkellage und Inkrementen der Sensorvorrichtung gespeichert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Inkrement der Sensorvorrichtung eine bestimmte Winkellage des Rotors zugeordnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorvorrichtung einen Null-Index erzeugt und die Anzahl der Inkremente der Sensorvorrichtung gezählt werden, die zwischen der Erzeugung des Null-Indexes und einem Schaltwinkel den Motors liegen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Inkremente der Sensorvorrichtung gezählt werden, die zwischen der Erzeugung des Null-Indexes und jedem Schaltwinkel den Motors liegen.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Inkremente der Sensorvorrichtung vom Null-Index zum Schaltwinkel des Motors gespeichert werden.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Justierung der Sensorvorrichtung die Winkellage des Rotors mit einem Positionsgeber erfasst wird, dessen Auflösung gleich oder höher ist als die Auflösung der Sensorvorrichtung.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Winkellagen des Rotors, die zwischen zwei Inkrementen der Sensorvorrichtung liegen, interpoliert werden.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Motor angetrieben wird und die von dem Motor induzierten Spannungen erfasst werden, wobei von den induzierten Spannungen die Winkellage des Rotors und ein gesuchter Kommutierungswinkel abgeleitet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erfassung des gesuchten Kommutierungswinkels ein Meldesignal erzeugt wird, um die erfasste Winkellage als Kommutierungsposition zu kennzeichnen.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von

dem Polzahlverhältnis des Motors mehrere Kommutierungswinkel abgeleitet werden.

- 5
11. Elektronisch kommutierter Motor mit einem Rotor und einem Stator und mit einer Sensorvorrichtung zur Erfassung der Drehlage des Rotors, wobei die Sensorvorrichtung in einer bestimmten Lage relativ zu dem Rotor montiert ist, mit einer Speichervorrichtung zur Speicherung einer Korrelation von Winkellage des Rotors und Inkrementen der Sensorvorrichtung, und mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Motors abhängig von Ausgangssignalen der Sensorvorrichtung und der gespeicherten Korrelation.
- 10
12. System zur Justierung einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors eines elektronisch kommutierten Motors (40), der einen Rotor und einen Stator sowie die Sensorvorrichtung umfasst, mit einer Phasenmessvorrichtung (44) zur Messung der von dem Rotors induzierten Spannungen bei Drehung des Rotors des Motor (40); einer Kommutierungsrechnenvorrichtung (46) zur Berechnung der Kommutierungszeitpunkte abhängig von den induzierten Spannungen, einer Meldeimpuls-Erzeugungseinrichtung (50), die ein Eingangssignal von der Kommutierungsrechnenvorrichtung (46) erhält und zu jedem Kommutierungszeitpunkt einen Meldeimpuls erzeugt und an den Motor (40) ausgibt; und mit einer Speichereinrichtung zur Speicherung einer Korrelation zwischen den Kommutierungszeitpunkten und den Inkrementen der Sensorvorrichtung.
- 15
13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzlicher Referenz-Lagegeber an dem Motors für die Justierung vorgesehen ist.
- 20
14. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzlagegeber eine höhere Auflösung als die Sensorvorrichtung hat und die Inkremente des Referenz-Lagegebers und der Sensorvorrichtung korreliert werden.

Zusammenfassung

Verfahren zum Justieren einer Sensorvorrichtung zur Bestimmung der Drehlage eines Rotors eines elektronisch kommutierten Motors, der einen Rotor und einen Stator aufweist, bei dem die Sensorvorrichtung in einer bestimmten Lage relativ zu dem Rotor montiert wird, die Inkremente, welche die Sensorvorrichtung während einer Umdrehung des Rotors erzeugt, erfasst werden, die Winkellage des Rotors während der Umdrehung erfasst wird, die erfasste Winkellage mit den Inkrementen der Sensorvorrichtung korreliert wird und die Korrelation von Winkellage und Inkrementen der Sensorvorrichtung gespeichert wird.

Bezugszeichenliste

10	Sternschaltung
12, 14, 16	Wicklungen
18, 20	Versorgungsschiene
22-32	Leistungs-Schaltbauteile
40	Motor
42	Antrieb
44	Phasenmeßsystem
46	Positionsrechner
48	Kontrollstufe
50	Meldestufe

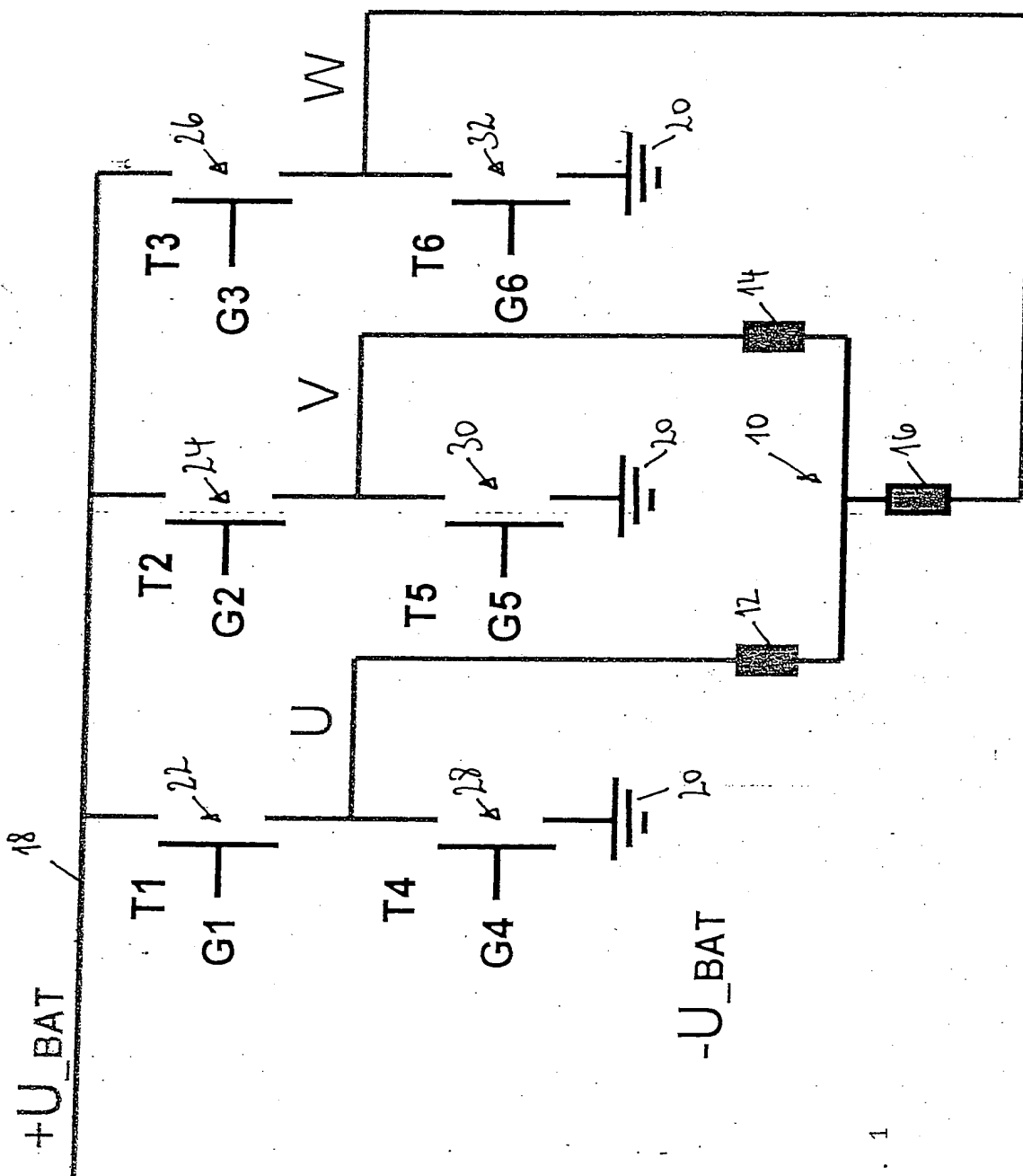


FIG. 1

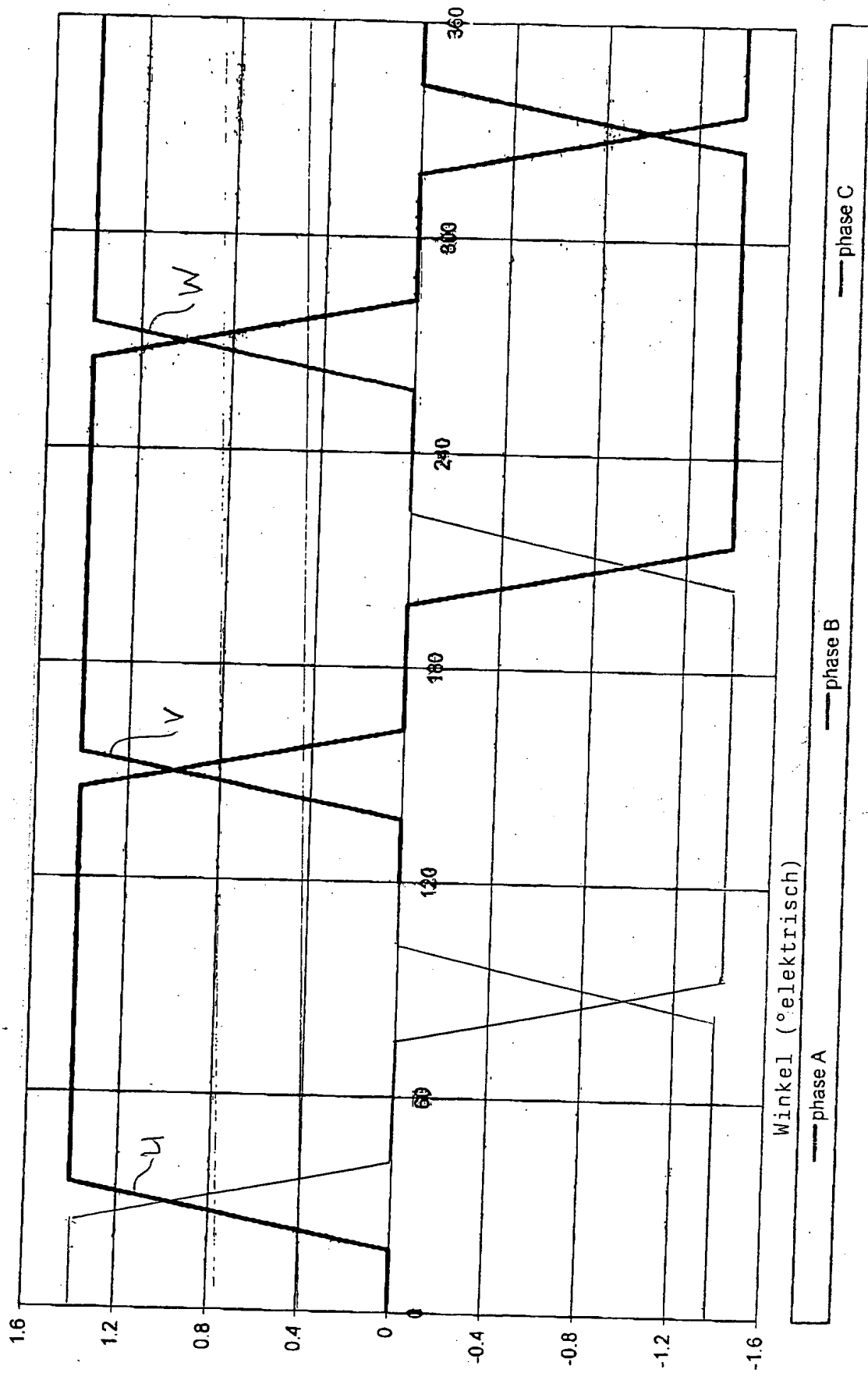


Fig. 2A

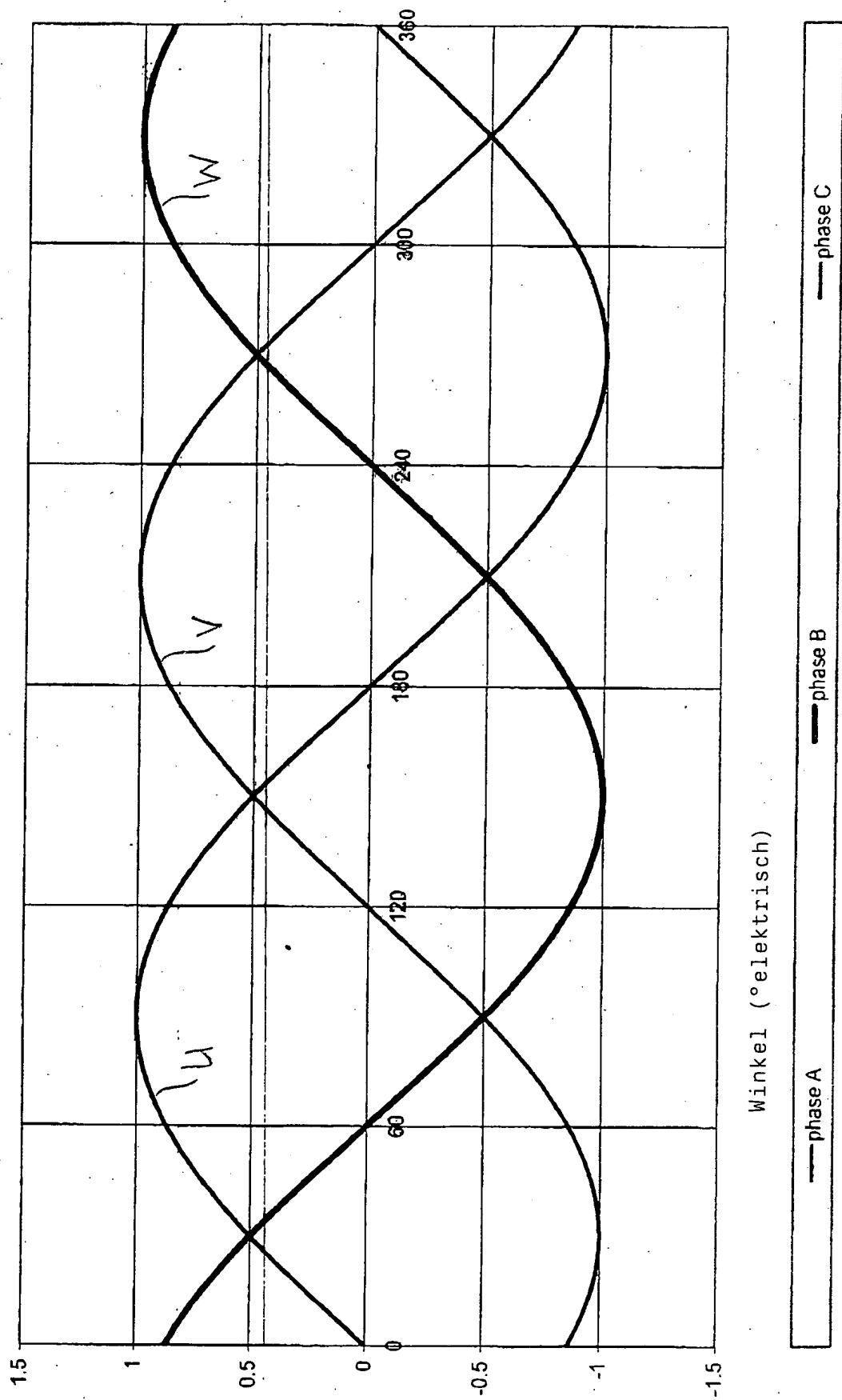


Fig. 2B

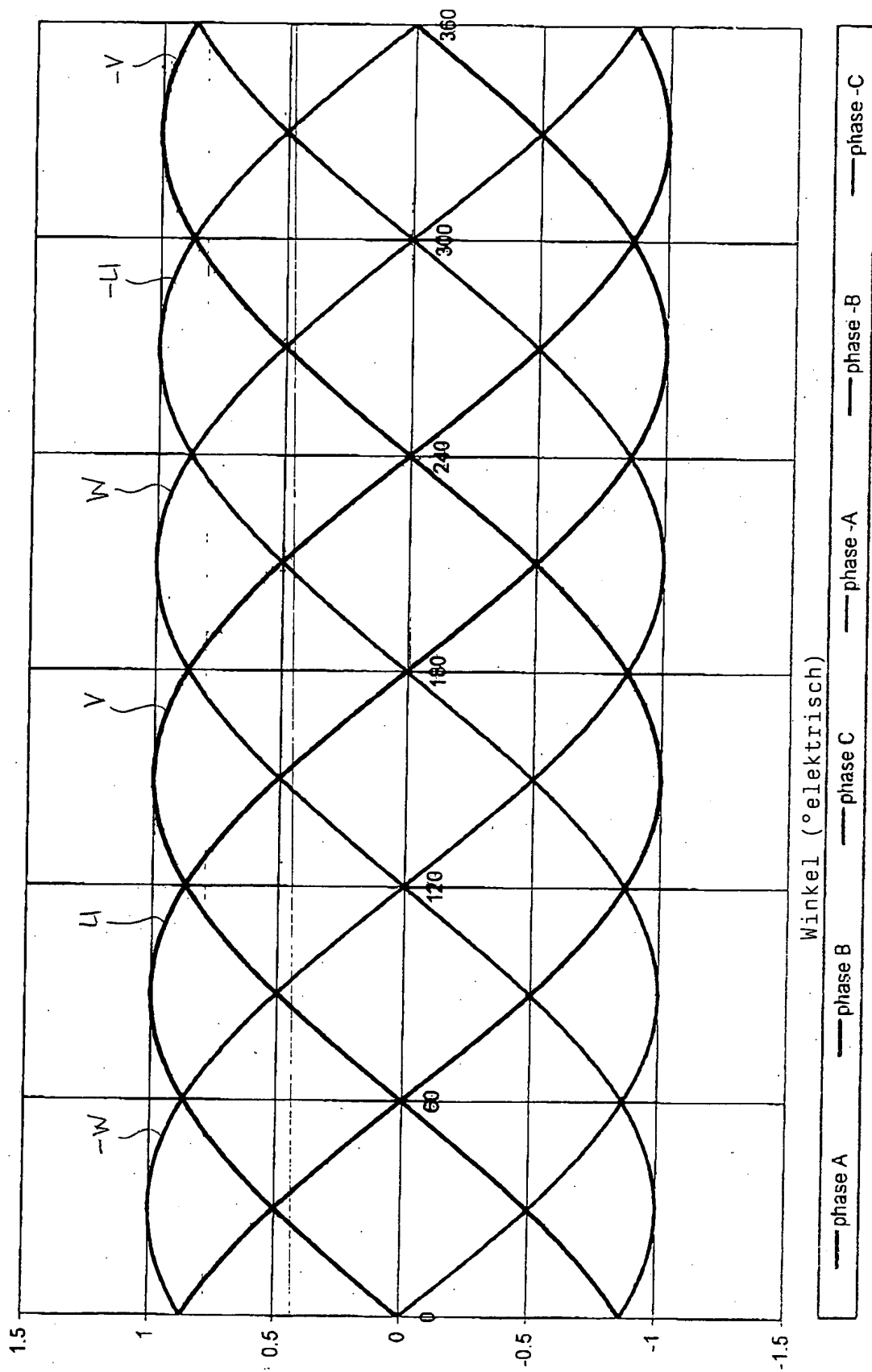


Fig. 2C

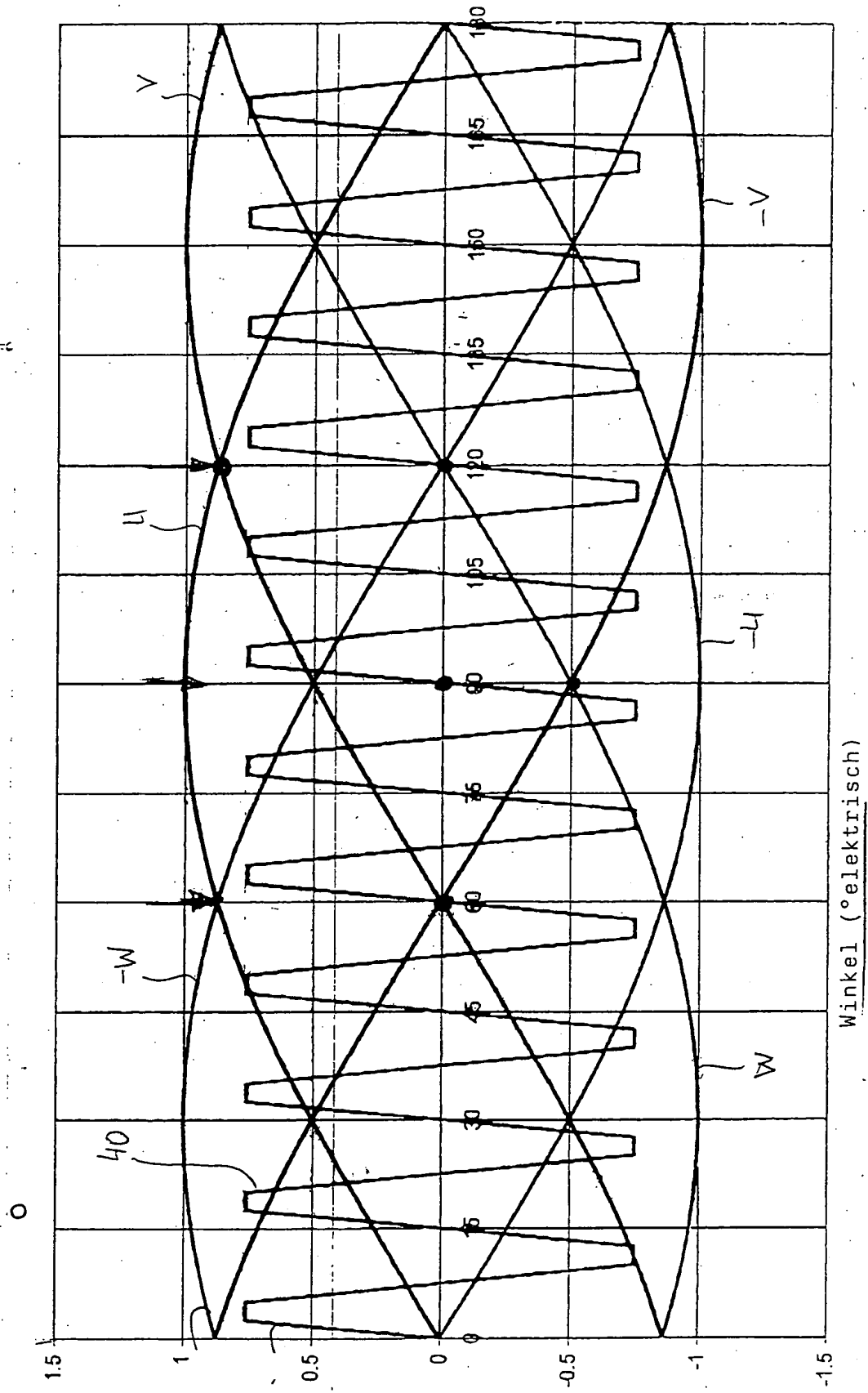


Fig. 3

